

Спутниковый мониторинг эксплозивного извержения вулкана Чиринкотан (Северные Курилы) в 2021 г.

О. А. Гирина¹, А. Г. Маневич¹, Д. В. Мельников¹, А. А. Нуждаев¹,
А. В. Кашницкий², И. А. Уваров², И. М. Романова¹, А. А. Сорокин³,
С. И. Мальковский³, С. П. Королев³, Л. С. Крамарева⁴

¹ *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН
Петропавловск-Камчатский, 683006, Россия
E-mail: girina@kscnet.ru*

² *Институт космических исследований РАН, Москва, 117997, Россия*

³ *Вычислительный центр ДВО РАН, Хабаровск, 680000, Россия*

⁴ *Дальневосточный центр НИЦ «Планета», Хабаровск, 680000, Россия*

Остров-вулкан Чиринкотан находится в тыловой зоне Северных Курильских островов. Эруптивная деятельность вулкана представлена эксплозивными (вулканского типа) и эксплозивно-эффузивными извержениями умеренной силы; состав пород — андезиты. Имеются сведения о восьми исторических извержениях вулкана. В работе дано описание хода извержения в августе 2021 г. на основании изучения различных спутниковых данных в информационной системе «Дистанционный мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил» (VolSatView, <http://kamchatka.volcanoes.smislab.ru>). На влк. Чиринкотан 8–10, 15, 17, 18, 22 и 23 августа отмечались единичные эксплозии, 14 августа — три эксплозивных события. Пепловые облака перемещались в основном на запад, юго-запад, восток и юго-восток от вулкана. Общая площадь пеплопадов в течение извержения превышала 55 тыс. км². Неоднократно пепел влк. Чиринкотан выпадал на островах Райкоке, Матуа, Расшуа, Экарма, Шиашкотан, Харимкотан и Онекотан. Индекс вулканической активности (Volcanic Explosivity Index) этого извержения оценивается как 2. Активность вулкана в августе была опасной для местных авиаперевозок.

Ключевые слова: вулкан, Чиринкотан, Курильские острова, эксплозивное извержение, спутниковый мониторинг, ИС VolSatView, KVERT

Одобрена к печати: 13.10.2021

DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-5-321-327

Введение

Остров-вулкан Чиринкотан (48°58′46″ с.ш., 153°28′45″ в.д.) находится в тыловой зоне Северных Курильских островов (рис. 1, см. с. 322). Постройка влк. Чиринкотан на уровне моря имеет диаметр 2,5–3 км и площадь 6 км². Хотя вулкан поднимается до 724 м н. у. м. (над уровнем моря), действительная его высота от дна моря составляет около 3000 м (Горшков, 1967). На вершине вулкана в кратере находится небольшой купол с потоком лавы.

Эруптивная деятельность вулкана представлена эксплозивными (вулканского типа) и эксплозивно-эффузивными извержениями умеренной силы; состав пород — андезиты (Горшков, 1967; Федорченко и др., 1989). Имеются данные о следующих извержениях вулкана: 1878–1889, 1954–1955 гг., 03.04.1979–31.05.1979, 28.09.1980, 20.07.2004, 24.05.2013 — декабрь 2015 г., 28.10.2016, 26.01.2017–07.04.2017 (Горшков, 1967; Иванов и др., 1979, 1980; Рыбин и др., 2016–2018).

Сведения об активности вулкана раньше поступали в основном от капитанов кораблей, в настоящее время (с 2014 г.) ежедневный спутниковый мониторинг вулканов Камчатки и Курил проводится с помощью информационной системы (ИС) «Дистанционный мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил» (VolSatView, <http://kamchatka.volcanoes.smislab.ru>), работа которой осуществляется благодаря ресурсам Дальневосточного центра НИЦ «Планета», Центра коллективного пользования (ЦКП) «ИКИ-Мониторинг» (при поддержке

Министерства образования и науки Российской Федерации, Институт космических исследований РАН, тема «Мониторинг», госрегистрация № 01.20.0.2.00164) и ЦКП «Центр данных ДВО РАН» (Вычислительный центр ДВО РАН) (Гирина и др., 2018; Лупян и др., 2014, 2019; Gordeev et al., 2016; Sorokin et al., 2017).

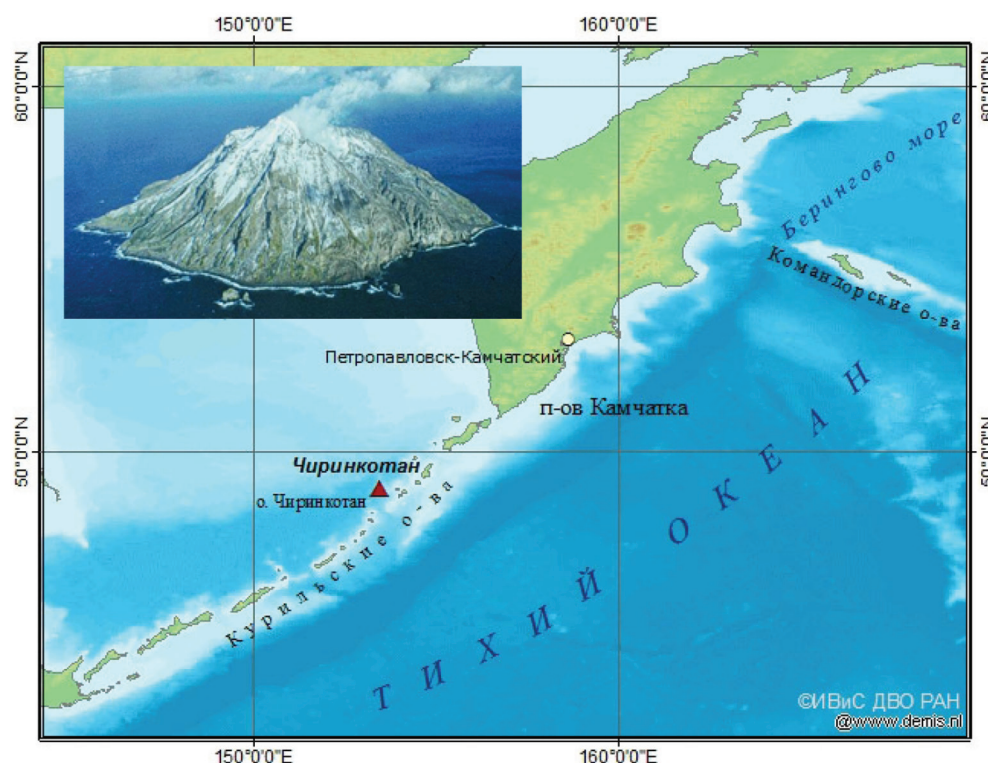


Рис. 1. Расположение влк. Чиринкотан в тыловой зоне Северных Курильских островов

Для мониторинга вулканов в VolSatView имеются оперативно обновляемые данные среднего и низкого разрешения спутниковых систем: NOAA-18/19 (англ. National Oceanic and Atmospheric Administration — Национальное управление океанических и атмосферных исследований, США), Terra и Aqua, Suomi NPP (англ. National Polar-orbiting Partnership) и JPSS-1 (англ. Joint Polar Satellite System), Sentinel-3A/B, Himawari-8. Спутниковый мониторинг влк. Чиринкотан проводила Камчатская группа реагирования на вулканические извержения (англ. Kamchatkan Volcanic Eruption Response Team — KVERT, <http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/>) Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, выполняющая с 2010 г. функции Вулканологической обсерватории Российской Федерации (WOVO № 290111-300001) по обеспечению информацией о вулканической деятельности на Дальнем Востоке международного аэронавигационного сообщества (Гирина и др., 2018; Gordeev, Girina, 2014; Gordeev et al., 2016).

Предыдущее эксплозивное извержение влк. Чиринкотан происходило с 26 января по 7 апреля 2017 г. Единичные эксплозии (одна — в январе, три — в марте, одна — в апреле) поднимали пепел до 7 км н.у.м., пепловые шлейфы протягивались до 180 км в восточных направлениях от вулкана (Рыбин и др., 2018).

Извержение вулкана Чиринкотан в 2021 г.

В 2021 г. эксплозивное извержение умеренной силы влк. Чиринкотан с выносом пепла до 4,5 км н.у.м. продолжалось с 8 по 23 августа включительно. Время начала эксплозивных событий и характеристики пепловых облаков и шлейфов (высота над уровнем моря, протя-

жённость, размеры, скорость и азимут перемещения от вулкана) определялись по данным со спутника Himawari-8 в ИС VolSatView. Вышеуказанные характеристики эксплозивных событий очень важны для оценки показателя вулканической активности (*англ.* Volcanic Explosivity Index — VEI) (Newhall, Self, 1982), по которому в том числе определяется степень опасности извержения вулкана для населения и авиации. Кратко опишем каждое из эксплозивных событий извержения влк. Чиринкотан в 2021 г.

Первое сообщение об извержении вулкана поступило из Консультативного центра по вулканическому пеплу (*англ.* Volcanic Ash Advisory Center — VAAC) Токио в 08:52 GMT (*англ.* Greenwich Mean Time) 8 августа (https://ds.data.jma.go.jp/svd/vaac/data/TextData/2021/20210808_29026000_0001_Text.html). Эксплозивное событие с выносом пепла до 2,5 км н.у.м. началось в 06:45 GMT 8 августа, пепловое облако перемещалось со средней скоростью 28 км/ч и к 09:20 GMT находилось в 80 км к юго-западу (азимут 250°) от вулкана, к 10:00 GMT оно скрылось в облачности. В дальнейшем наблюдалась сильная фумарольная активность вулкана, в 10:30 GMT парогазовый шлейф протягивался от него до 50 км на юго-запад (азимут 210°). В 15:29 GMT (JPSS-1, канал i4) отмечалась слабая термальная аномалия в районе кратера, величина разницы между температурой аномалии и фона составила 2,2 °C.

Следующее эксплозивное событие с подъёмом пепла до 2,5 км н.у.м. началось в 08:15 GMT 9 августа (<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/van/?n=2021-82>), в 08:50 GMT пепловое облако размером 13×10 км (площадь облака (S) — 261,3 км²) находилось в 26 км на юго-восток (азимут 151°) от вулкана, в 09:40 GMT слабовыраженное пепловое облако размером 16×16 км зафиксировано в 50 км от вулкана (азимут 169°).

10 августа в 19:55 GMT эксплозии подняли пепел также до 2,5 км н.у.м. (<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/van/?n=2021-83>), пепловое облако перемещалось на запад (азимут 270°) от вулкана, наибольших размеров 18×19 км оно достигло в 22:00 GMT на расстоянии 70 км от вулкана, к 01:00 GMT 11 августа в 165 км от вулкана (азимут 266°) размер облака составил 8×9 км.

14 августа активность вулкана усилилась — произошло три эксплозивных события (в 02:15, 17:25 и 22:45 GMT) с выносом пепла до 3 км н.у.м. и образованием пепловых облаков (<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/van/?n=2021-88>; <http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/van/?n=2021-89>). Наибольшим было пепловое облако, образовавшееся во время первого эксплозивного события, в 09:20 GMT в 135 км от вулкана к юго-юго-востоку (азимут 175°) его размер достигал 22×64 км ($S = 1222,5$ км²). Согласно спутниковым данным, 14 августа на о. Матуа пеплопад отмечался примерно с 08:30 до 11:00 GMT и на о. Расшуа — с 11:30 до 15:00 GMT. Пепловое облако второго события перемещалось сначала на юг, затем на юго-запад от вулкана; наибольших размеров (16×36 км, $S = 474,7$ км²) облако достигло к 22:30 GMT, когда оно было в 67 км от вулкана (азимут 203°). Пепловое облако третьего эксплозивного события перемещалось на юг; в 01:00 GMT 15 августа на спутниковом снимке Himawari-8 можно наблюдать одновременно два пепловых облака, перемещавшихся на юго-запад от вулкана: размером 12×12 км в 65 км (азимут 202°) (второе событие) и размером 8×10 км в 20 км от вулкана (азимут 196°) (третье событие). С 03:40 GMT 15 августа в течение почти 40 мин пепловое облако третьего события находилось над о. Райкоке, на котором также отложился пепел (*рис. 2*, см. с. 324).

В 23:10 GMT 15 августа началось сильное эксплозивное событие, в результате которого пепловое облако поднялось до 4,5 км н.у.м. и перемещалось на восток от вулкана (<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/van/?n=2021-92>). В течение нескольких часов облако сильно растянулось с севера на юг: например, в 02:00 GMT 16 августа оно находилось в 36 км от вулкана на восток, но длина его с севера на юг составляла 89 км. Облако всё больше расширялось: так, его размеры 16 августа к 07:00 GMT достигали 170×60 км ($S = 7807,7$ км²), а к 09:00 GMT — 198×90 км ($S = 10417,9$ км²). Примерно с 01:10 по 04:40 GMT 16 августа продолжался пеплопад на о. Экарма, с 02:10 по 06:10 GMT — на о. Шиашкотан, с 05:00 по 14:00 GMT — на о. Харимкотан, с 05:30 по 14:00 GMT — на о. Онекотан (см. *рис. 2*). В 14:30 GMT 16 августа небольшое пепловое облако размером 17×10 км ($S = 210,5$ км²) в 215 км на юго-востоке (азимут 127°) от вулкана всё ещё фиксировалось на спутниковых снимках.

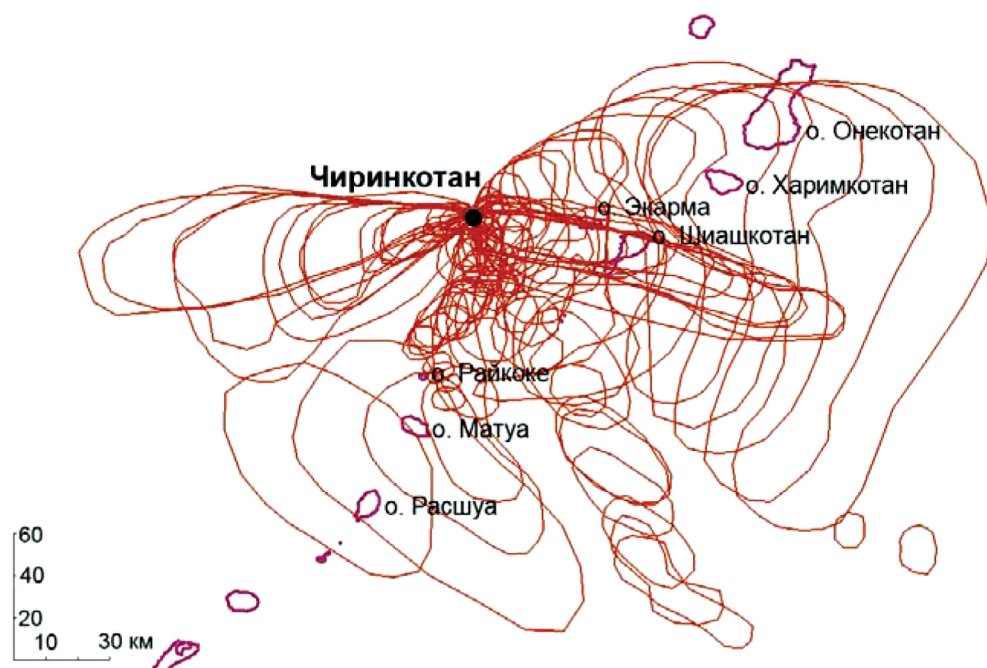


Рис. 2. Распространение пепловых облаков и шлейфов от влк. Чиринкотан во время извержения в августе 2021 г. по данным со спутника Himawari-8 из информационной системы VolSatView

17 августа эксплозивное событие началось в 01:00 GMT, пепел поднимался до 2,5 км н.у.м. (<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/van/?n=2021-93>). Происходил непрерывный вынос пепла из вулкана, и пепловый шлейф к 07:00 GMT протянулся от него до 130 км на юго-восток (азимут 102°). Пеплопады с 03:30 GMT начались на островах Экарма и Шиашкотан, продолжались они примерно 3–4 ч.

18 августа в 00:10 GMT эксплозии подняли пепел до 3 км н.у.м. (<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/van/?n=2021-95>), почти сразу облако начало разделяться: одна часть его двигалась на восток, другая, более насыщенная пеплом, — на юг и затем на юго-восток от вулкана. Примерно с 01:25 до 05:00 GMT пеплопад отмечался на о. Экарма, с 02:00 до 06:00 GMT — на о. Шиашкотан. Пепловое облако постепенно расширялось и к 09:00 GMT 18 августа, находясь в 206 км на юго-восток (азимут 149°) от вулкана, достигало размеров 56×17 км ($S = 772,5 \text{ км}^2$). К 10:30 GMT этого же дня оно было скрыто плотной облачностью.

22 августа эксплозивное событие началось в 22:35 GMT, пепел поднимался до 2,5 км н.у.м. (<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/van/?n=2021-99>), пепловый шлейф перемещался на юго-запад от вулкана (азимут 250°); к 23:50 GMT 22 августа его протяжённость была 32 км, к 01:30 GMT 23 августа — 80 км, к 05:00 GMT 23 августа — 145 км. По мере удаления пеплового шлейфа от вулкана пепловое облако разделилось на несколько облаков, которые к 07:00 GMT 23 августа были скрыты плотной облачностью. Следует отметить, что перед эксплозивным событием (начиная с 20:30 GMT 22 августа) повысилась парогазовая активность вулкана: в 22:30 GMT парогазовый шлейф шириной 9–10 км протягивался до 28 км от вулкана (азимут 240°).

Последнее эксплозивное событие было отмечено в 19:50 GMT 23 августа — пепел поднимался до 1,4 км н.у.м., в 21:30 GMT пепловое облако находилось в 21 км на юго-запад (азимут 252°) от вулкана, к 00:30 GMT 24 августа оно рассеялось.

Заключение

Эксплозивное извержение влк. Чиринкотан в 2021 г. продолжалось с 8 по 23 августа включительно. 8–10, 15, 17, 18, 22 и 23 августа отмечались единичные эксплозии, 14 августа произо-

шло три эксплозивных события. Перед сильными эксплозивными событиями и перед предпоследним эруптивным эпизодом вулкана наблюдались трёхдневные перерывы. Эксплозивные события нередко предвещала мощная парогазовая активность вулкана, однако явных признаков их подготовки не было отмечено. Слабая термальная аномалия в районе вулкана фиксировалась 8, 9, 20, 21 и 23 августа, максимальная величина разности температур аномалии и фона составляла 6,5 °С (21 августа в 15:35 GMT, NPP, канал i4). Основные направления перемещения пепловых облаков от вулкана в августе 2021 г. — запад, юго-запад, восток и юго-восток (см. рис. 2). Общая площадь пеплопадов в течение извержения превышала 55 тыс. км². Неоднократно пепел влк. Чиринкотан выпадал на островах Райкоке, Матуа, Расшуа, Экарма, Шиашкотан, Харимкотан и Онекотан. Для этого извержения VEI оценивается как 2. В связи с тем, что вынос пепла во время эксплозивных событий не превышал 4,5 км н.у.м., активность вулкана во время извержения была опасной для местных авиаперевозок.

Литература

1. Гирина О.А., Лупян Е.А., Сорокин А.А., Мельников Д.В., Романова И.М., Кашицкий А.В., Уваров И.А., Мальковский С.И., Королев С.П., Маневич А.Г., Крамарева Л.С. Комплексный мониторинг эксплозивных извержений вулканов Камчатки. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2018. 192 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37061627>.
2. Горшков Г.С. Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967. 288 с.
3. Иванов Б.В., Кирсанов И.Т., Хренов А.П., Чирков А.М. Действующие вулканы Камчатки и Курильских островов в 1978–1979 гг. // Вулканология и сейсмология. 1979. № 6. С. 94–100.
4. Иванов Б.В., Чирков А.М., Дубик Ю.М., Гаврилов В.А., Степанов В.В., Руленко О.П., Фирстов П.П. Состояние вулканов Камчатки и Курильских островов в 1980 г. // Вулканология и сейсмология. 1981. № 3. С. 99–104.
5. Лупян Е.А., Милехин О.Е., Антонов В.Н., Крамарева Л.С., Бурцев М.А., Балашов И.В., Толпин В.А., Соловьев В.И. Система работы с объединёнными информационными ресурсами, получаемыми на основе спутниковых данных в центрах НИЦ «Планета» // Метеорология и гидрология. 2014. № 12. С. 89–97.
6. Лупян Е.А., Прошин А.А., Бурцев М.А., Кашицкий А.В., Балашов И.В., Барталев С.А., Константинова А.М., Кобец Д.А., Мазуров А.А., Марченков В.В., Матвеев А.М., Радченко М.В., Сычуглов И.Г., Толпин В.А., Уваров И.А. Опыт эксплуатации и развития центра коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных (ЦКП «ИКИ-Мониторинг») // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 3. С. 151–170. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-151-170.
7. Рыбин А.В., Дегтерев А.В., Чибисова М.В., Гурьянов В.Б., Коротеев И.Г. Вулканическая активность на Курильских островах в 2012–2015 гг. // Вестн. Камчатской региональной ассоциации «Учебно-научный центр». Сер.: Науки о Земле. 2016. Вып. 30. № 2. С. 77–87.
8. Рыбин А.В., Чибисова М.В., Дегтерев А.В., Гурьянов В.Б. Вулканическая активность на Курильских островах в XXI веке // Вестн. Дальневосточного отделения Российской акад. наук. 2017. № 1. С. 51–61.
9. Рыбин А.В., Чибисова М.В., Дегтерев А.В. Активность вулканов Курильских островов в 2017 г. // Вестн. Камчатской региональной ассоциации «Учебно-научный центр». Сер.: Науки о Земле. 2018. Вып. 38. № 2. С. 102–109. DOI: 10.31431/1816-5524-2018-2-38-102-109.
10. Федорченко В.И., Абдурахманов А.И., Родионова Р.И. Вулканизм Курильской островной дуги: геология и петрогенезис. М.: Наука, 1989. 239 с.
11. Gordeev E. I., Girina O. A. Volcanoes and their hazard to aviation // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2014. V. 84. No. 1. P. 1–8. DOI: 10.1134/S1019331614010079.
12. Gordeev E. I., Girina O. A., Lupyan E. A., Sorokin A. A., Kramareva L. S., Efremov V. Yu., Kashnitskii A. V., Uvarov I. A., Burtsev M. A., Romanova I. M., Melnikov D. V., Manevich A. G., Korolev S. P., Verkhoturov A. L. The VolSatView information system for Monitoring the Volcanic Activity in Kamchatka and on the Kuril Islands // J. Volcanology and Seismology. 2016. V. 10. No. 6. P. 382–394. <https://doi.org/10.1134/S074204631606004X>.
13. Newhall C. A., Self S. The volcanic explosivity index (VEI): an estimate of the explosive magnitude for historical volcanism // J. Geophysical Research. 1982. No. 87. P. 1231–1238.
14. Sorokin A. A., Makogonov S. I., Korolev S. P. The Information Infrastructure for Collective Scientific Work in the Far East of Russia // Scientific and Technical Information Processing. 2017. V. 4. P. 302–304.

Satellite monitoring of the explosive eruption of Chirinkotan volcano (Northern Kuriles) in 2021

O. A. Girina¹, A. G. Manevich¹, D. V. Melnikov¹, A. A. Nuzhdaev¹,
A. V. Kashnitskii², I. A. Uvarov², I. M. Romanova¹, A. A. Sorokin³,
S. I. Malkovsky³, S. P. Korolev³, L. S. Kramareva⁴

¹ *Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS
Petropavlovsk-Kamchatsky 683006, Russia
E-mail: girina@kscnet.ru*

² *Space Research Institute RAS, Moscow 117997, Russia*

³ *Computing Center FEB RAS, Khabarovsk 680000, Russia*

⁴ *Far Eastern Center of SRC Planeta, Khabarovsk 680000, Russia*

Chirinkotan volcano— island is located in the rear zone of the Northern Kuril Islands. The eruptive activity of the volcano is represented by explosive (Vulcanian type) and explosive-effusive eruptions of moderate intensity; the composition of the rocks is andesite. There is information about eight historical volcanic eruptions. The paper describes the course of the eruption in August 2021 based on the study of various satellite data in the information system “Remote monitoring of Kamchatka and Kuril Islands volcanic activity” (VolSatView, <http://kamchatka.volcanoes.smlab.ru>). Single explosions on Chirinkotan volcano were noted on August 8–10, 15, 17, 18, 22 and 23; and three explosive events took place on August 14. Ash clouds moved mainly west, southwest, east and southeast of the volcano. The total area of ash falls during the eruption exceeded 55 thousand km². Chirinkotan volcano ash repeatedly fell on the Islands of Raikoke, Matua, Rasshua, Ekarma, Shiashkotan, Harimkotan and Onkotan. For this eruption, the Volcanic Explosivity Index is rated 2. The activity of the volcano in August was hazardous to local aviation.

Keywords: volcano, Chirinkotan, Northern Kuriles, explosive eruption, satellite monitoring, information system VolSatView, KVERT

Accepted: 13.10.2021

DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-5-321-327

References

1. Girina O. A., Loupian E. A., Sorokin A. A., Melnikov D. V., Romanova I. M., Kashnitskii A. V., Uvarov I. A., Malkovsky S. I., Korolev S. P., Manevich A. G., Kramareva L. S., *Kompleksnyi monitoring eksplozivnykh izverzenii vulkanov Kamchatki* (Comprehensive Monitoring of Explosive Volcanic Eruptions of Kamchatka), Petropavlovsk-Kamchatsky: IViS DVO RAN, 2018, 192 p., available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37061627> (in Russian).
2. Gorshkov G. S., *Vulkanizm Kurilskoi ostrovnnoi dugi* (Volcanism of the Kuril Island arc), Moscow: Nauka, 1967, 288 p. (in Russian).
3. Ivanov B. V., Kirsanov I. T., Khrenov A. P., Chirkov A. M., Active volcanoes of Kamchatka and the Kuril Islands in 1978–1979, *Vulkanologiya i seismologiya*, 1979, No. 6, pp. 94–100 (in Russian).
4. Ivanov B. V., Chirkov A. M., Dubik Yu. M., Gavrillov V. A., Stepanov V. V., The state of the volcanoes of Kamchatka and the Kuril Islands in 1980, *Vulkanologiya i seismologiya*, 1981, No. 3, pp. 99–104 (in Russian).
5. Lupyan E. A., Milekhin O. E., Antonov V. N., Kramareva L. S., Burtsev M. A., Balashov I. V., Tolpin V. A., Solov'ev V. I., System of operation of joint information resources based on satellite data in the Planeta Research Centers for Space Hydrometeorology, *Russian Meteorology and Hydrology*, 2014, Vol. 39, No. 12, pp. 847–853, DOI: 10.3103/S1068373914120103.
6. Loupian E. A., Proshin A. A., Bourtsev M. A., Kashnitskii A. V., Balashov I. V., Bartalev S. A., Konstantinova A. M., Kobets D. A., Mazurov A. A., Marchenkov V. V., Matveev A. M., Radchenko M. V., Sychugov I. G., Tolpin V. A., Uvarov I. A., Experience of development and operation of the IKI-Monitoring center for collective use of systems for archiving, processing and analyzing satellite data, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2019, Vol. 16, No. 3, pp. 151–170 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-151-170.

7. Rybin A. V., Degterev A. V., Chibisova M. V., Guryanov V. B., Koroteev I. G., Volcanic activity in the Kurile Islands in 2012–2015, *Vestnik Kamchatskoi regional'noi assotsiatsii "Uchebno-nauchnyi tsentr"*, Ser.: *Nauki o Zemle*, 2016, Vol. 30, No. 2, pp. 77–87 (in Russian).
8. Rybin A. V., Chibisova M. V., Degterev A. V., Guryanov V. B., Volcanic eruptions in the Kuril Islands during XXI century, *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiiskoi akademii nauk*, 2017, No. 1, pp. 51–61 (in Russian).
9. Rybin A. V., Chibisova M. V., Degterev A. V., The 2017 Activity of The Kurile Island Volcanoes, *Bulletin of Kamchatka Regional Association "Educational-Scientific Center"*. *Earth Sciences*, 2018, Vol. 38, No. 2, 8 p., available at: <http://www.kscnet.ru/journal/kraesc/article/viewFile/203/pdf>.
10. Fedorchenko V. I., Abdurakhmanov A. I., Rodionova R. I., *Vulkanizm Kurilskoi ostrovnoi dugi: geologiya i petrogenesis* (Volcanism of the Kuril Island Arc: Geology and Petrogenesis), Moscow: Nauka, 1989, 239 p. (in Russian).
11. Gordeev E. I., Girina O. A., Volcanoes and their hazard to aviation, *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 2014, Vol. 84, No. 1, pp. 1–8, DOI: 10.1134/S1019331614010079.
12. Gordeev E. I., Girina O. A., Lupyan E. A., Sorokin A. A., Kramareva L. S., Efremov V. Yu., Kashnitskii A. V., Uvarov I. A., Burtsev M. A., Romanova I. M., Melnikov D. V., Manevich A. G., Korolev S. P., Verkhoturrov A. L., The VolSatView information system for Monitoring the Volcanic Activity in Kamchatka and on the Kuril Islands, *J. Volcanology and Seismology*, 2016, Vol. 10, No. 6, pp. 382–394, <https://doi.org/10.1134/S074204631606004X>.
13. Newhall C. A., Self S., The volcanic explosivity index (VEI): an estimate of the explosive magnitude for historical volcanism, *J. Geophysical Research*, 1982, No. 87, pp. 1231–1238.
14. Sorokin A. A., Makogonov S. I., Korolev S. P., The Information Infrastructure for Collective Scientific Work in the Far East of Russia, *Scientific and Technical Information Processing*, 2017, Vol. 4, pp. 302–304.